

(19)日本国特許庁 (JP)

(12)特許公報 (B2)

(11)特許出願公告番号
特公平8-19894

(24) (44)公告日 平成8年(1996)3月4日

(51)Int.Cl.⁶
F 0 3 B 13/20

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

発明の数1 (全 8 頁)

(21)出願番号	特願昭62-91230	(71)出願人	999999999 チッソ株式会社 大阪府大阪市北区中之島3丁目6番32号
(22)出願日	昭和62年(1987)4月14日	(72)発明者	安房 淳夫 千葉県鎌ケ谷市西道野辺2-10-406
(65)公開番号	特開昭63-255571	(72)発明者	中塚 茂 千葉県千葉市小中台町1207-1
(43)公開日	昭和63年(1988)10月21日	(72)発明者	大石 成夫 千葉県船橋市本中山4-4-2-915
		(72)発明者	荒木 嘉昭 福岡県北九州市小倉北区大手町16-1-802
		(72)発明者	井上 順吉 福岡県北九州市戸畑区仙水町3-25
		(74)代理人	弁理士 藤本 博光 (外2名)
		審査官	大槻 清寿

(54)【発明の名称】 波浪エネルギー変換装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】浮体が受ける波浪エネルギーを、前記浮体の内部に回転自在に水平軸で支持された偏心回転体の回転エネルギーに変換する波浪エネルギー変換装置において、出現頻度の最も高い波浪周期またはエネルギー分布曲線上最大値を有する波浪周期のいずれか一方から選ばれる設計波浪周期 (T_d) より計算される波浪の設計円振動数 ($W_d = 2\pi / T_d$) と、浮体の喫水線上断面積と浮体質量とで定る固有円振動数 W_n との比 (W_d / W_n) を0.6乃至1.1の範囲としたことを特徴とする波浪エネルギー変換装置。

【請求項2】特許請求の範囲第1項記載の波浪エネルギー変換装置において、浮体の静止時喫水線より高く稼動時に水面下に沈む位置および浮体の静止時喫水線より低く稼動時に水面上に露出する位置における水平断面積を

静止時喫水線の水平断面積より実質的に大きくしたことを特徴とする波浪エネルギー変換装置。

【請求項3】特許請求の範囲第1項記載の波浪エネルギー変換装置において、浮体の静止時喫水線より高く稼動時に水面下に沈む位置および浮体の静止時喫水線より低く稼動時に水面上に露出する位置における水平断面積を静止時喫水線の水平断面積より実質的に小さくしたことを特徴とする波浪エネルギー変換装置。

【請求項4】特許請求の範囲第1項記載の波浪エネルギー変換装置において、浮体内に設けたバラストタンクに注水もしくは排水することにより浮体の質量を実質的に増加もしくは減少させることを可能にした波浪エネルギー変換装置。

【請求項5】特許請求の範囲第4項記載の波浪エネルギー変換装置において、稼動時水面を上下する部分の水平

断面積を上方において小さく、下方において大きくしたことを特徴とする波浪エネルギー変換装置。

【発明の詳細な説明】

〔産業上の利用分野〕

本発明は波浪エネルギー変換装置に関し、特に浮体内で一方向に回転する偏心回転体を用いた波浪エネルギー変換装置に関するものである。

〔従来の技術〕

波浪のエネルギー変換装置については従来波動を伴う水面の変化を利用して、これにより海水または空気の流れを生じせしめ、流体力学的にエネルギーを取出すものが提案され一部実用化されている。また浮体内で一方向に回転する偏心回転体を利用する波浪エネルギー変換装置も提案されている。(特開昭57-68566、実開昭53-43146)

〔発明が解決しようとする問題点〕

波動に伴う水面の変化を利用するエネルギー変換装置は水中に露出した可動部分の腐食や水生生物の付着により装置の寿命が短いこと、安定していない流れより機械的エネルギーを取出すため水力効率が低いこと等の問題がある。また浮体内で一方向に回転する偏心回転体を利用するものは偏心回転体の回転数と波浪の振動数とが所定の範囲内の位相差を保ちながら一致することが必須条件とされるが、従来浮体と波浪とが共振状態となる場合の水平軸回りに回転する偏心回転体の回転状態の安定性について解明されておらず、浮体の固有振動数を波浪の振動数に近づけた波浪エネルギー変換装置については提案されていなかった。本発明は上記問題点を解決するためになされたもので、偏心回転体を内蔵する浮体の固有振動数を一定の条件のもとに波浪の振動数に近づけて

$$\begin{aligned}
 & M \ddot{x}^* + C \dot{x}^* + K x^* \\
 & = \frac{1}{2} K H \cos w t + m r \\
 & \quad (\dot{\phi}^2 \cos \phi + \ddot{\phi} \sin \phi) \\
 & \quad J \ddot{\phi} \\
 & = m r \ddot{x}^* \sin \phi + m r g \sin \phi - T_r
 \end{aligned} \tag{1}$$

但し T_r は偏心回転体の出力軸に伝えられるトルクで

$$T_r = T_G + T_b + C_b^* \dot{\phi} \text{ である}$$

ここに T_G ▼：偏心回転体に接続された発電機の負荷トルク

T_b ：機械的制動トルク

▲ C_b^* ：回転体系の機械損失係数である

稼動可能期間の長いしかも効率の高い波浪エネルギー変換装置を提供することを目的とする。

〔問題点を解決するための手段〕

波浪により浮体に与えられる機械的エネルギーの主要部を占める浮体の上下動を利用するために、浮体内に水平軸で支持される偏心回転体を設け、出現頻度の最も高い波浪周期またはエネルギー分布曲線上最大値を有する波浪周期のいずれか一方から選ばれる設計波浪周期

(T_d) より計算される波浪の設計円振動数 ($W_d = 2\pi/T_d$) と、浮体の喫水線上断面積と浮体質量とで定る固有円振動数 W_n との比 (W_d/W_n) を0.6乃至1.1の範囲となるようにする。

〔作用〕

本発明における浮体と偏心回転体との運動を明らかにするために第1図に示すモデルについて数値計算が行われ、また第2図に示す装置について実験が行われた。

第1図において浮体Mは偏心回転体の質量 m を含めて質量 M を有し、ばね定数 K のばね K と減衰計数 C であるダンパー C で支えられている。またばね K は変位

$$X_0 = \frac{H}{2} \cos w t$$

で運転する振動板で支えられている(但し t は時間示す) 偏心回転体は質量 m が回転半径 r で回転するものとして近似する。浮体の平衡位置よりの変位 x^* および偏心回転体の回転角 ϕ を一般座標とし、浮体に作用する上下方向の力および偏心回転体の回転軸に作用するモーメントを各々の一般力としてラグランジュの運動方程式が下記のように表わされる。

また J は回転体系の慣性モーメントであり g は重力加速度である。

式(1)は非線型の振動方程式であり数学的に厳密な解は求められないが偏心回転体と振動板との位相差を

θ 、即ち $\phi = \omega t + \theta$ とし、 θ が ωt の一週期にわたり変化が小さい場合について一周にわたり平均化して、近似計算が行われた。このようにして定常状態となる各種位相及び振巾について計算された。この結果は第 3 図に示される。グラフの横軸は振動数比 $\eta = W/W_n$ 但し W_n は浮体固有円振動数

$$\left(= \sqrt{K/M} \right)$$

である。図において、

A_0 : 浮体の振巾/H

θ_0 : 偏心回転体の位相

ξ_0 : 浮体の位相

θ_1 : 偏心回転体の位相差 ($= \theta_0 - \xi_0$) である。

更に上記位相が定常値よりずれた場合に安定状態になるかどうかについて計算が行われ不安定の範囲は第 3 図の曲線中破線で示されている。

上記計算結果の妥当性を確認するために第 2 図に示す装置により実験が行われ、得られた値が第 3 図のグラフ上にプロットされている。

第 2 図において浮体 M は一端は揺動可能に軸支されており他端は

$$\frac{H}{2} \cos \omega t$$

の変位で振動する振動板でばね定数 K のばね K を介して支えられている。浮体 M の質量は M であり固定壁との間に減衰係数 C のダンパー C が設けられている。浮体 M 上に水平方向の軸により回転自在に支えられている偏心回転体 m の質量は m であり回転半径は r である。偏心回転体の回転が増速機を介して伝えられる発電機の負荷の値はスイッチにより変更できるようになっている。

第 3 図における符号は \bigcirc : ξ_0 , \bullet : θ_1 , \triangle : θ_0 , \blacktriangle : A_0 である。

上記計算および実験に用いられたパラメータを第 1 表に示す。

第 1 表

浮体等価質量 M (kg)	43.54	回転体系慣性モーメント J (kg m ²)	0.0970
等価ばね定数 K	49.2	不平衡半径 r (m)	0.036
不平衡ロータ質量 m (kg)	10.2	等価減衰比 C/C _c	0.015

但し等価減衰比における C_c は臨界減衰係数を示す。第 1 表に示すパラメータと異なるパラメータについても計算および実験が行われた。その結果不安定域の η の下限 (≈ 1.1) については変わらず上限が変るのみであった。計算による不安定域と実験により示された不安定の範囲は比較的よく一致しておりこの領域においては偏心回転体の回転は乱れ、あるいは停止した。

更に波浪の利用可能エネルギーに対する変換エネルギー

の比 (効率 Ψ %)、回転軸出力 P_{net} 、回転軸トルク T_r (max) について計算および実験が行われその結果を第 4 図に示す。

第 3 図および第 4 図から次の事実が明らかにされる。すなわち振動数比 η は 0.6 以上であることがエネルギー変換効率を高めるために望ましく、また $\eta < 1.1$ であることが安定した出力が得られるために望ましい。

海面に発生する波浪の周期は比較的広い範囲に分布しているが、長期間にわたりこれを観測するとそのエネルギー分布および出現頻度分布は一定の曲線上に存在している。第 5 図に波浪発電試験船「海明」により観測された結果を示す。第 5 図のグラフによると最多出現頻度を示す波の周期はエネルギー分布曲線上最大値を示す波の周期より小さい。(円振動動数 W については逆の関係が成り立つ)

以上述べた事実より変換される波浪エネルギーを最大にするためにはエネルギー分布曲線上最大値を有する波浪円振動数を設計円振動数 W_d として W_d/W_n が 0.6 乃至 1.1 の範囲になるように浮体の固有円振動数 W_n を定めることが望ましいことが分る。また一定期間中波浪エネルギーを利用できる期間をできるだけ長くし、しかも効率のよい運転を可能とするためには出現頻度の最も高い波浪円振動数を設計円振動数 W_d として W_d/W_n が 0.6 乃至 1.1 の範囲になるように浮体の固有円振動数 W_n を定めることが有利である。

〔実施例〕

以下第 6 図乃至第 10 図を参照して本発明の実施例を説明する。

第 6 図および第 7 図に示す第 1 の実施例において、海面 5 上に浮遊する浮体 1 の内部に偏心回転体 2 が水平軸 6 で回転自在に支えられている。水平軸 6 は増速機 3 を介して発電機 4 と接続されている。発電機 4 は浮体 1 の外部とケーブル 7 で接続されており発電機および電動機としての機能と同時に偏心回転体に対するフライホイールとしての機能を有する。海面の上下動に対する浮体の上下動の位相差は図示していない水面計により測定されまた偏心回転体 2 の基準位置よりの回転角は図示していない角度計で測定される。浮体 2 の喫水線での水平断面積は上下方向で一定であり従って等価ばね定数 K も一定となる。浮体の質量を M として浮体の固有円動数 W_n は

$$W_n = \sqrt{K/M}$$

で求められる。波浪の設計円振動数 W_d と W_n との比 W_d/W_n は 0.6 乃至 1.1 の範囲とされるがその中間値すなわち 0.85 程度とすることが広い範囲の周期の波に対して有効にエネルギーを変換できるので望ましい。本装置を起動するときはまず発電機 1 を電動機として作用させ偏心回転体と浮体との波面に対する位相の差が所定の範囲で安定する迄偏心回転体を加速する。その後発電機 1 を発電機として作用させるように接続を切換えて波浪エネルギーを

電力として使用する。偏心回転体が波浪エネルギーを受け取る大きさは浮体の振動に対する偏心回転体の回転遅れ角度を α として $\sin\alpha$ に比例する。従って遅れ角が大きくなると偏心回転体の回転速度は速くなり、波浪の円振動数 W と固有円振動数 W_n の比が1.1以下の範囲では偏心回転体は波浪と同期して回転する。但し発電機から取り出せる出力には限界があるので上記遅れ角度 α を検出しながら発電機負荷の調整を行なう。発電機の負荷が充分余裕のある下限に限られている場合は上記制御を行なわなくても広い範囲にわたり装置が運転可能となる。

本発明の第2、第3、第4の実施例の浮体の断面が第8図乃至第10図に示されている。これらの実施例では浮体内部に第1の実施例と同様の構成要素を有している。第2の実施例では喫水線の上方および下方の断面積が大きくなっているので浮体の振巾が大きくなると固有円振動数 W_n は大きくなる。波浪の円振動数 W が大きい場合は浮体と波浪とが共振状態となり浮体の振巾が大きくなり従って W_n が大きくなる。その場合 W/W_n は1.1以下の状態が保たれ装置が稼働可能となる。

第9図に示す第3の実施例では喫水線の上方および下方で水平断面積が小さくなっているので浮体の振巾が大きいときに固有円振動数は小さくなる。一般に波浪の周期の長いときは振巾が大きくなるので、その場合は W_n が小さくなり W/W_n が1に近づくので、この装置では波浪の周期の長い場合に高いエネルギー変換効率を有するようになる。第10図に示す第4の実施例ではバラストタンク8内にポンプで水を注入または排出することにより W_n を変えることができる。バラストタンク内に水が注入されている場合は浮体重量 M が増大し、また喫水線が上昇するので等価ばね定数 K が減少するので

$$W_n = \sqrt{K / M}$$

は小さくなる。バラストタンクから水を排水するときは逆に W_n は大きくなる。このようにして発生する波浪の周期に合わせて浮体の固有円振動数を調整することができるから波浪の周期の広い範囲にわたって効率のよいエネルギー変換が可能となる。

〔発明の効果〕

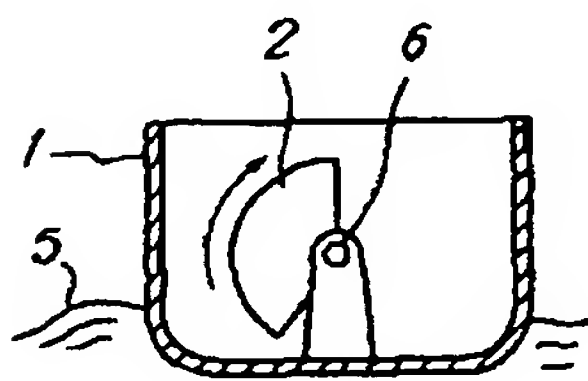
本発明による波浪エネルギー変換装置は可動部分が浮体内部に収納されているので海水による腐蝕が発生せず保守が容易であり装置の寿命も長い。またエネルギーは一方向の滑らかな回転運動として取出されるので機械効率が低い。更に浮体の上下動を利用して浮体の振動と波浪の上下動が共振に近い状態に保たれるので波浪から浮体へのエネルギー伝達量が大きくなり、装置を波浪の広い周期範囲にわたり全体として高いエネルギー変換効率で稼働させることができる。

【図面の簡単な説明】

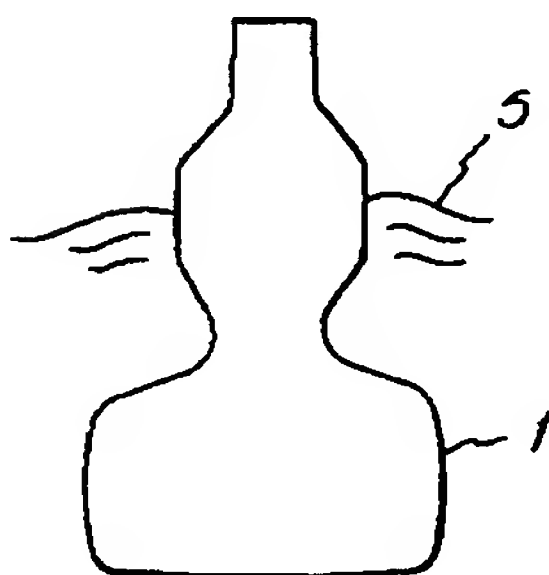
第1図は本発明による装置の力学モデルを示す図面、第2図は同実験装置を示す図面、第3図および第4図は上記力学モデルおよび実験装置による計算結果および実験結果を示すグラフ、第5図は波浪のエネルギー分布および出現頻度を示すグラフ、第6図は本発明の第1の実施例における横断面図、第7図は同縦断面図、第8図乃至第10図は本発明の第2乃至第4の実施例を示す断面図である。

1…浮体、2…偏心回転体、3…増速機、4…発電機、5…海面、6…軸、7…ケーブル、8…バラストタンク。

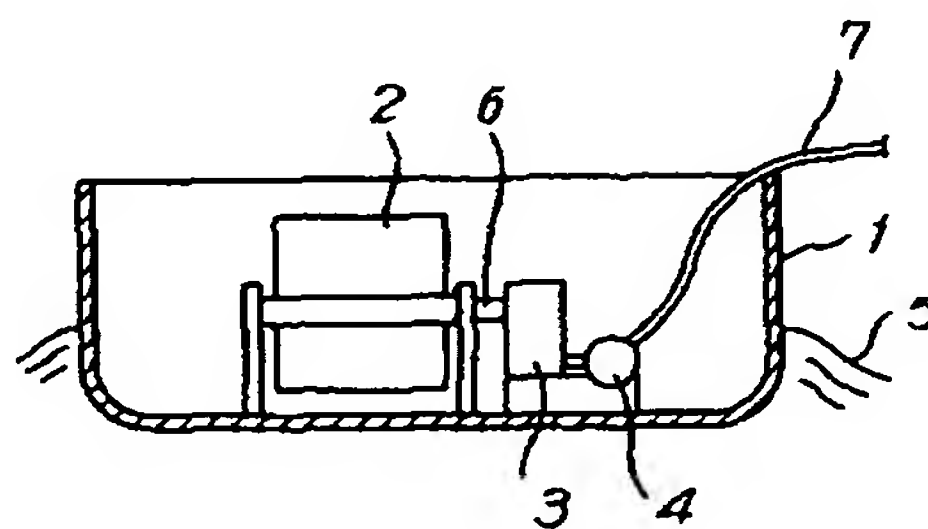
【第6図】



【第9図】



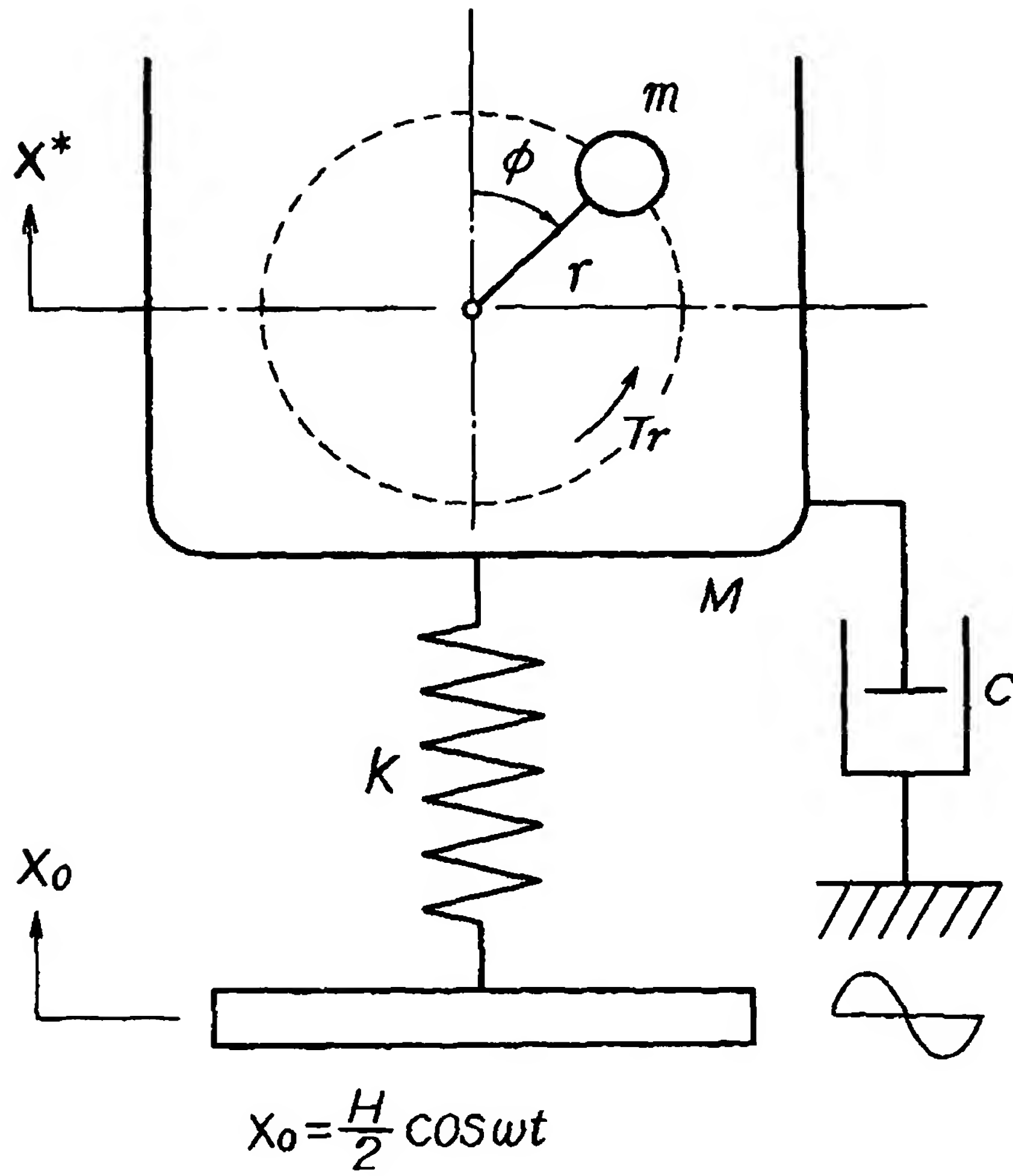
【第7図】



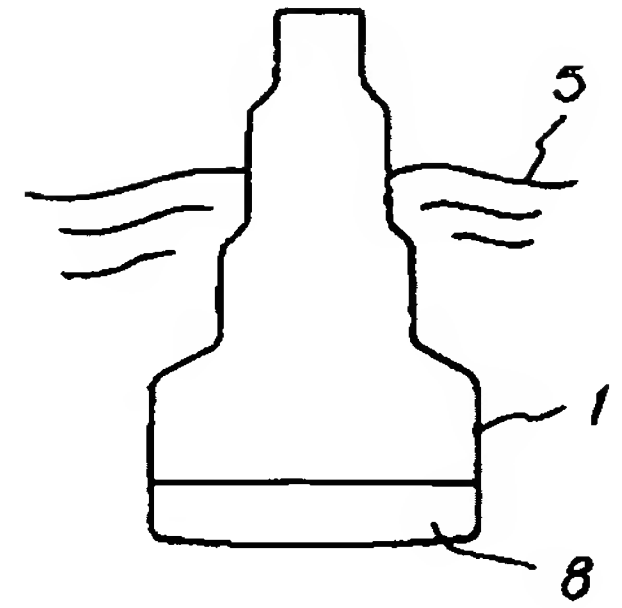
【第8図】



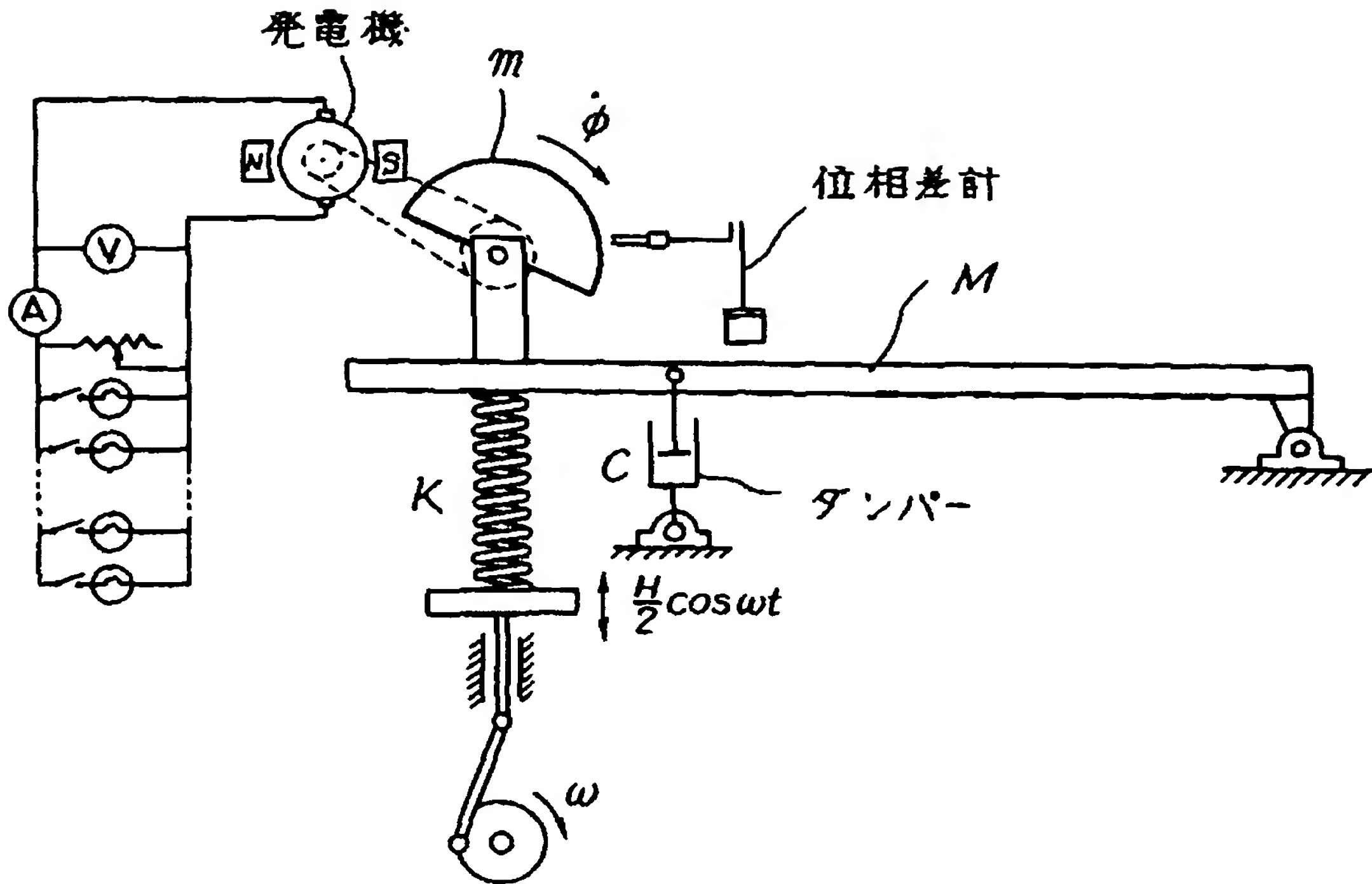
【第1図】



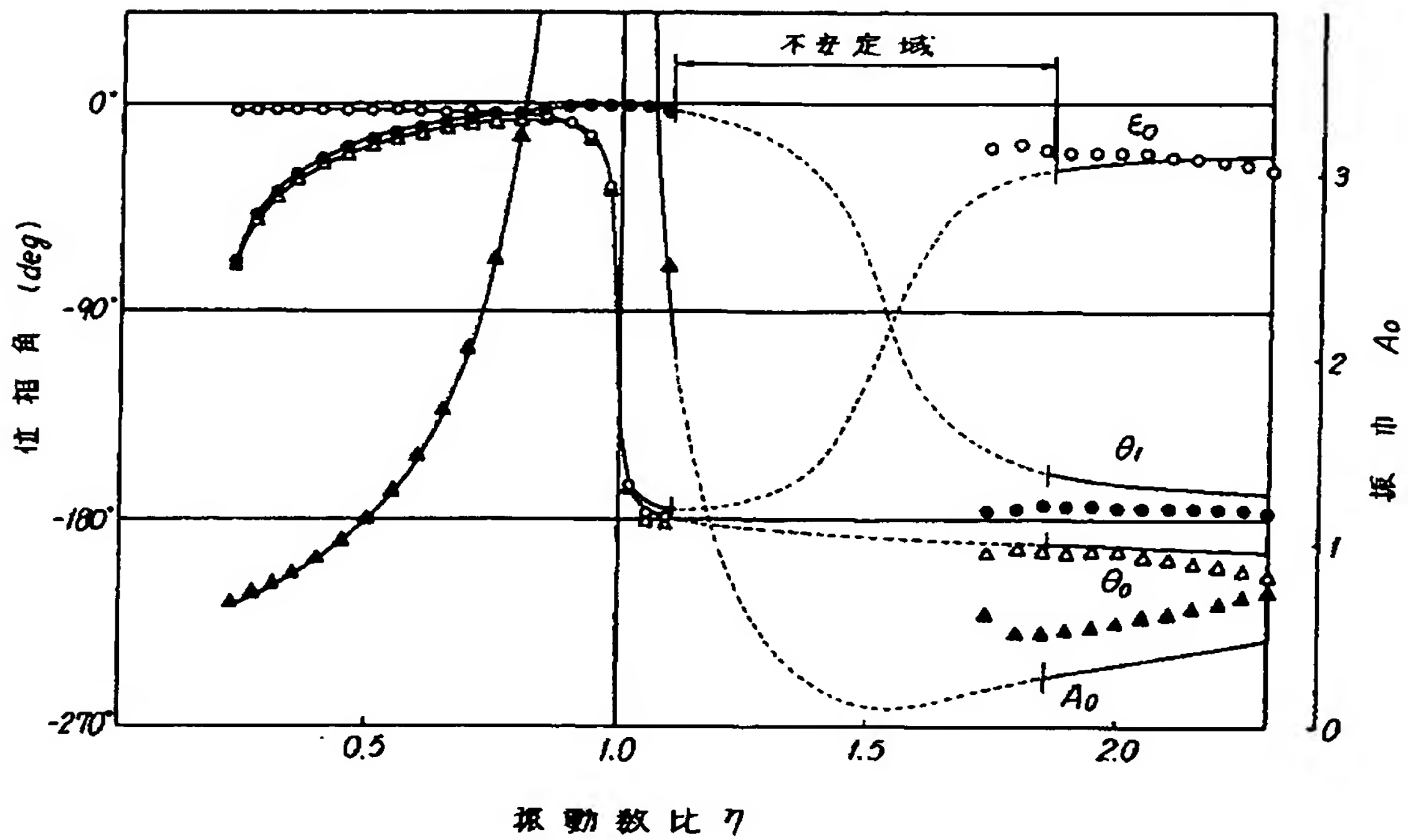
【第10図】



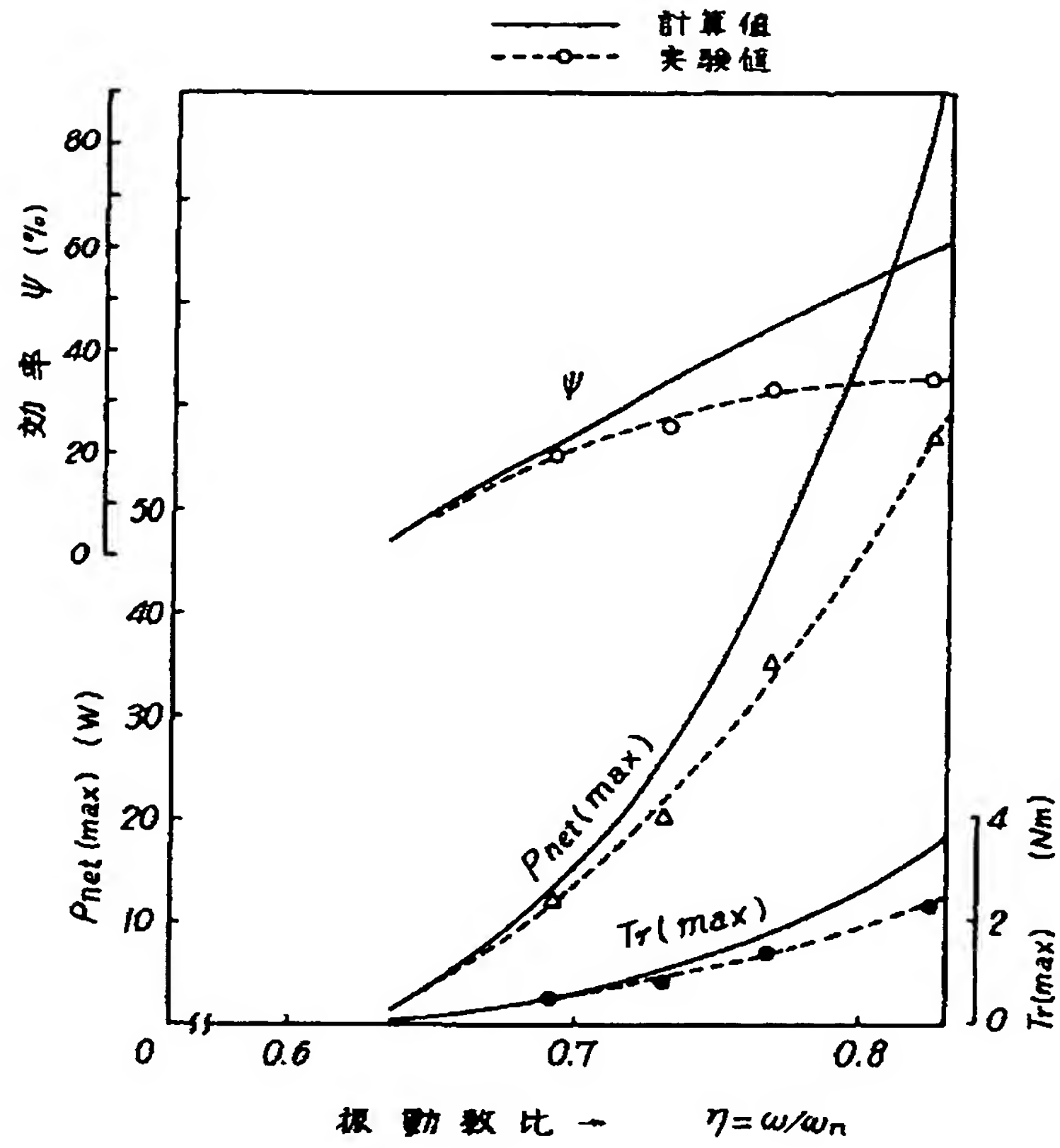
【第2図】



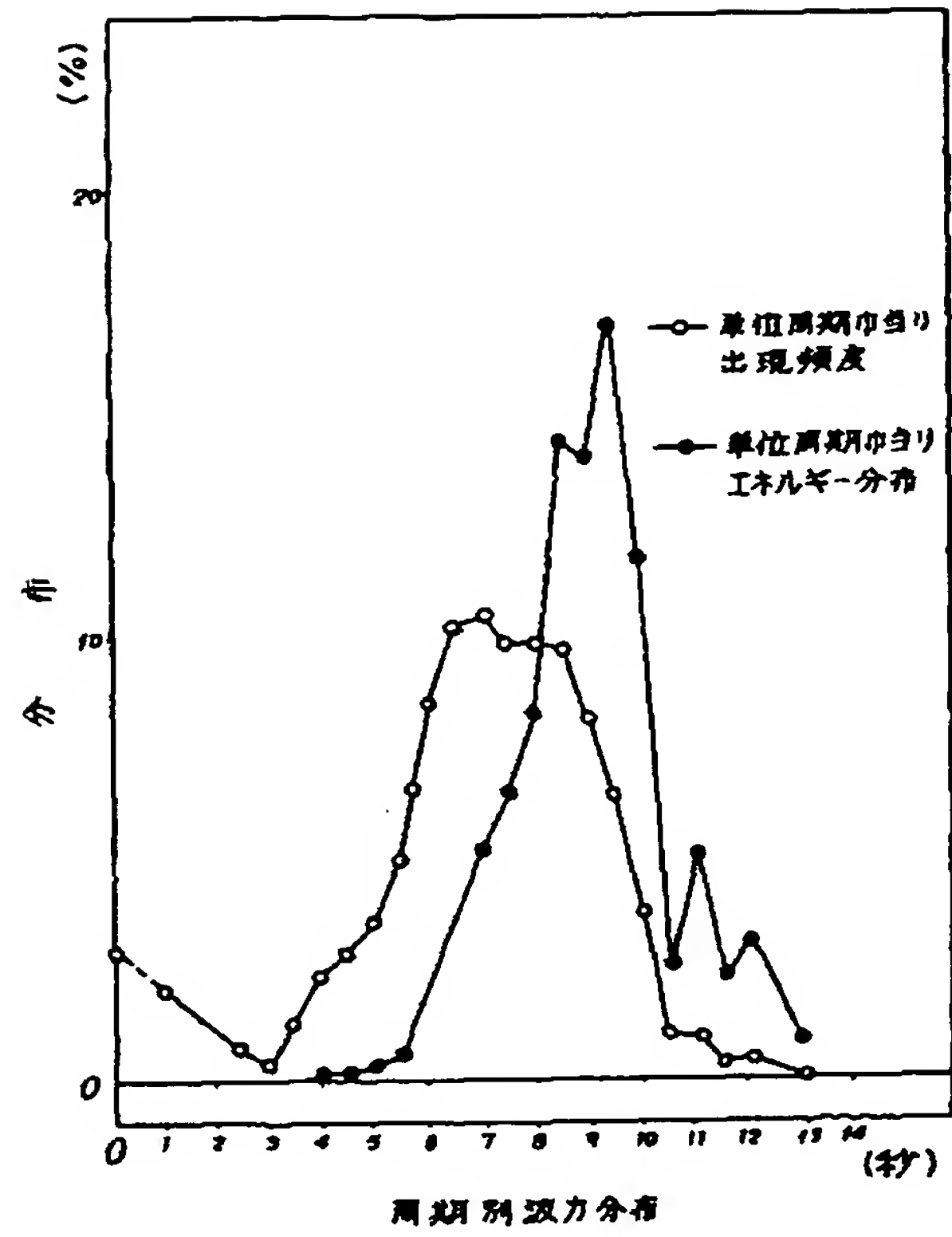
【第3図】



【第4図】



【第5図】



*** NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] In the billow energy conversion equipment which transforms the billow energy which a floating body receives into the rotational energy of the eccentric body of revolution supported with the horizontal axis free [rotation] inside said floating body The design circular frequency of the billow calculated from the design billow period (T_d) chosen from either of the billow periods which has the highest billow period of the frequency of occurrence, or energy distribution curve top maximum ($W_d=2\pi/T_d$), Billow energy conversion equipment characterized by making a ratio (W_d/W_n) with constant ***** W_n into the range of 0.6 thru/or 1.1 with the waterline top cross section and floating body mass of a floating body.

[Claim 2] Billow energy-conversion equipment characterized by to enlarge substantially the horizontal-section product in the location exposed on the water surface in the billow energy-conversion equipment of an application for patent given in the 1st term of the range at the time of operation lower than a waterline at the time of quiescence of the location and floating body which sink in the bottom of the water surface at the time of operation more highly than a waterline at the time of quiescence of a floating body from the horizontal-section product of a waterline at the time of quiescence.

[Claim 3] Billow energy-conversion equipment characterized by to make substantially the horizontal-section product in the location exposed on the water surface in the billow energy-conversion equipment of an application for patent given in the 1st term of the range at the time of operation lower than a waterline at the time of quiescence of the location and floating body which sink in the bottom of the water surface at the time of operation more highly than a waterline at the time of quiescence of a floating body smaller than the horizontal-section product of a waterline at the time of quiescence.

[Claim 4] The billow energy inverter which made it possible to increase or decrease the mass of a floating body substantially by pouring water or draining to the ballast tank formed in the floating body in the billow energy inverter of an application for patent given in the 1st term of the range.

[Claim 5] Billow energy conversion equipment characterized by having been small in the upper part, having set caudad the horizontal section product of the part which goes up and down the water surface at the time of operation, and enlarging it in the billow energy conversion equipment of an application for patent given in the 4th term of the range.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[Industrial Application]

Especially this invention relates to the billow energy conversion equipment using the eccentric body of revolution rotated to an one direction within a floating body about billow energy conversion equipment.

[Description of the Prior Art]

About the energy conversion equipment of a billow, this produces and cheats out of the flow of seawater or air conventionally using change of the water surface accompanied by the wave motion, what takes out energy hydrodynamically is proposed, and the part is put in practical use. Moreover, the billow energy conversion equipment using the eccentric body of revolution rotated to an one direction within a floating body is also proposed. (JP,57-68566,A, publication of unexamined utility model application Showa 53-43146)

[Problem(s) to be Solved by the Invention]

The energy conversion equipment using change of the water surface accompanying the wave motion has problems, like that the life of equipment is short, and since [which flows and takes out mechanical energy more] it is not stable, hydraulic efficiency is low by the corrosion for moving part and the adhesion of an aquatic organism which were exposed underwater. Moreover, although it is made into an indispensable condition for the thing using the eccentric body of revolution rotated to an one direction within a floating body to be in agreement while the rotational frequency of eccentric body of revolution and the vibration frequency of a billow maintain predetermined phase contrast within the limits It was not solved about the stability of the rotation condition of the eccentric body of revolution rotated to the circumference of a horizontal axis in case a floating body and a billow will be in the resonance state conventionally, and the vibration frequency of a billow did not propose the resonant frequency of a floating body about **** beam billow energy conversion equipment. It was made in order that this invention might solve the above-mentioned trouble, and it aims at providing the basis of certain conditions with the resonant frequency of the floating body which builds in eccentric body of revolution, and providing the vibration frequency of a billow with the long billow energy conversion equipment with effectiveness high moreover of the period which can be ***** worked.

[Means for Solving the Problem]

In order to use the vertical movement of a floating body which occupies the principal part of the mechanical energy given to a floating body by the billow The design circular frequency of the billow calculated from the design billow period (Td) chosen from either of the billow periods which prepares the eccentric body of revolution supported with a horizontal axis in a floating body, and has the highest billow period of the frequency of occurrence, or energy distribution curve top maximum ($W_d = 2\pi/T_d$), A ratio (W_d/W_n) with constant ***** W_n is made to become the range of 0.6 thru/or 1.1 with the waterline top cross section and floating body mass of a floating body.

[Function]

The experiment was conducted about the equipment which numerical calculation is performed about the model shown in Fig. 1 in order to clarify movement with the floating body and the eccentric body of revolution in this invention, and is shown in Fig. 2.

Fig. 1 -- setting -- a floating body M -- the mass m of eccentric body of revolution -- including -- mass M -- having -- the spring K of spring constant K, and attenuation -- counting -- it supports with the damper C which

is C. Moreover, a spring K is a variation rate.

$$X_0 = \frac{H}{2} C O S W t$$

Mass m approximates the eccentric body of revolution currently supported with the diaphragm come out of and operated (however, t is shown time) as what rotates with a radius of gyration r. The angle of rotation phi of variation-rate X^* from the equilibrium position of a floating body and eccentric body of revolution is made into a generalized coordinate, and Lagrangian equations of motion are expressed as follows considering the moment which acts on the force of the vertical direction of acting on a floating body, and the revolving shaft of eccentric body of revolution as each generalized force.

$$M \ddot{x}^* + C \dot{x}^* + K x^* = \frac{1}{2} K H c o s w t + m r (\dot{\phi}^2 c o s \phi + \ddot{\phi} s i n \phi) J \ddot{\phi}$$

$$= m r \ddot{x}^* s i n \phi + m r g s i n \phi - T_r$$

However, Tr is with the torque told to ***** of eccentric body of revolution.

$$T_r = T_G + T_b + C_b \dot{\phi} \text{である}$$

Here TG : Load torque Tb:mechanical braking torque **C*b of the generator connected to eccentric body of revolution : moreover it is the mechanical-loss multiplier of a body-of-revolution system, J is the moment of inertia of a body-of-revolution system, and g is gravitational acceleration. The equation (1) was a non-line type equation of oscillation, mathematically, although the strict solution was not calculated, it made phase contrast of eccentric body of revolution and a diaphragm theta, i.e., phi=wt+theta, theta equalized it over a round over one week of wt about the case where change is small, and the approximation calculation was performed. Thus, it was calculated about the various phases and amplitude used as a steady state. This result is shown in Fig. 3 . For the axis of abscissa of a graph, frequency ratio eta=W/Wn, however Wn are floating body fundamental circular frequency. (= $\sqrt{K / M}$)

It comes out. It sets to drawing and is A0. : The phase xi 0 of amplitude / Htheta0:eccentricity body of revolution of a floating body: It is the phase contrast (=theta0-xi0) of the phase theta1:eccentricity body of revolution of a floating body. Furthermore, when the above-mentioned phase shifts from a stationary value, count is performed about whether it will be in a stable state, and the unstable range is shown by the curvilinear destructive line of Fig. 3 . In order to check the validity of the above-mentioned count result, an experiment is conducted by the equipment shown in Fig. 2 , and the acquired value is plotted on the graph of Fig. 3 .

In Fig. 2 , the end is supported to revolve rockable and a floating body M is the other end. $\frac{H}{2} c o s w t$

It supports through the spring K of spring constant K with the diaphragm which vibrates at least by ****. The mass of a floating body M is M and the damper C of a damping coefficient C is formed between fixed walls. The mass of the eccentric body of revolution m currently supported free [rotation] with the shaft horizontal on a floating body M is m, and a radius of gyration is r. The value of the load of the generator to which rotation of eccentric body of revolution is told through a speed-increasing gear can be changed now with a switch. The signs in Fig. 3 are O:xi0, -:theta1, **:theta0, and **:A0. The parameter used for the above-mentioned count and an experiment is shown in the 1st table.

第 1 表

浮体等価質量M (kg)	43.54	回転体系慣性モーメントJ (kg m ²)	0.0970
等価ばね定数K	49.2	不平衡半径r (m)	0.036
不平衡ロータ質量m (kg)	10.2	等価減衰比 C/Cc	0.015

However, Cc in an equivalence damping ratio shows a critical damping coefficient. Count and an experiment were conducted also about the parameter shown in the 1st table, and a different parameter. As a result about the minimum (**1.1) of eta of an unstable region, it did not change, but was only that an upper limit changes. The unstable range shown by the unstable region and experiment by count was comparatively well in agreement, it set to this field, and rotation of eccentric body of revolution turbulence [rotation] or stopped. Furthermore, count and an experiment are conducted about the ratio (effectiveness psi%) of conversion energy to the available energy of a billow, the revolving-shaft output Pnet, and the revolving-shaft torque Tr (max), and the

result is shown in the 4th drawing 4 Fig.

The following fact is clarified from Figs. 3 and 4 . That is, a frequency ratio η is desirable in order that that it is 0.6 or more may raise an energy conversion efficiency, and since the output by which it was stabilized that it is $\eta < 1.1$ is obtained, it is desirable.

Although the period of the billow generated on a sea surface is distributed over the comparatively large range, if this is observed over a long period of time, the energy distribution and frequency-of-occurrence distribution exist on a fixed curve. The result observed by wave-energy-conversion trial ship "Kaimei" is shown in Fig. 5 .

According to the graph of Fig. 5 , the wave period which shows the most frequencies of occurrence is smaller than the wave period which shows energy distribution curve top maximum. (Reverse relation is realized about the number W of *****)

In order to make into max billow energy changed from the fact described above, it turns out that it is desirable to set the fundamental circular frequency W_n of a floating body that W_d/W_n becomes the range of 0.6 thru/or 1.1 by making into the design circular frequency W_d billow circular frequency which has energy distribution curve top maximum. Moreover, in order to lengthen the period which can use 1 commuter's-ticket period billow energy as much as possible and to enable efficient operation moreover, it is advantageous to set the fundamental circular frequency W_n of a floating body that W_d/W_n becomes the range of 0.6 thru/or 1.1 by making highest billow circular frequency of the frequency of occurrence into the design circular frequency W_d .

[Example]

With reference to Figs. 6 thru/or 10, the example of this invention is explained below.

In the 1st example shown in Figs. 6 and 7 , the eccentric body of revolution 2 supports free [rotation] with the horizontal axis 6 inside the floating body 1 which floats on a sea surface 5. The horizontal axis 6 is connected with the generator 4 through the speed-increasing gear 3. It connects by the exterior and the cable 7 of a floating body 1, and a generator 4 has a function as a flywheel to eccentric body of revolution in the function and coincidence as a generator and a motor. The phase contrast of the vertical movement of a floating body to vertical movement of a sea surface is measured by the water gage which is not illustrated, and the angle of rotation from the criteria location of the eccentric body of revolution 2 is measured with the goniometer which is not illustrated again. The horizontal section product in the waterline of a floating body 2 is fixed in the vertical direction, therefore equivalence spring constant K also becomes fixed. It is proper **** number W_n of a floating

body, using mass of a floating body as M .
$$W_n = \sqrt{K / M}$$

It comes out and asks. a ratio with the design circular frequency W_d and W_n of a billow -- although it considers as the range of 0.6 thru/or 1.1, since carrying out to the mean value (about [i.e.,] 0.85) can change energy effectively to the wave of the period of the large range, W_d/W_n is desirable. When starting this equipment, eccentric body of revolution is accelerated until it makes a generator 1 act as a motor first and the difference of the phase to the wave front of eccentric body of revolution and a floating body is stabilized in the predetermined range. Connection is switched and billow energy is used as power so that the late-coming electrical machinery 1 may be made to act as a generator. The magnitude from which eccentric body of revolution receives billow energy sets the rotational delay include angle of the eccentric body of revolution to vibration of a floating body to α , and is proportional to $\sin \alpha$. Therefore, if angle of lag becomes large, the rotational speed of eccentric body of revolution will become quick, and the ratio of the circular frequency W and fundamental circular frequency W_n of a billow will rotate eccentric body of revolution in the 1.1 or less range synchronizing with a billow.

However, a generator load is adjusted, detecting α whenever [above-mentioned angle of lag], since there is a limitation in the output which can be taken out from a generator. When the load of a generator is restricted to the generous enough minimum, even if it does not perform the above-mentioned control, operation of equipment is attained over the large range.

The cross section of the floating body of the 2nd, 3rd, and 4th example of this invention is shown in the 8th drawing 8 Fig. thru/or Fig. 10. In these examples, it has the component same inside a floating body as the 1st example. In the 2nd example, since the cross section of the upper part of a waterline and a lower part is large, if the amplitude of a floating body becomes large, fundamental circular frequency W_n will become large. When large, a floating body and a billow will be [the circular frequency W of a billow] in the resonance state, the amplitude of a floating body becomes large, therefore W_n becomes large. In that case, 1.1 or less condition is maintained and the operation of equipment of W/W_n is attained.

In the 3rd example shown in Fig. 9 , since the horizontal section product is small in the upper part of a waterline, and a lower part, when the amplitude of a floating body is large, fundamental circular frequency becomes small. Since amplitude generally becomes large when the period of a billow is long, W_n becomes small in that case and W/W_n comes to have an energy conversion efficiency high [are that of ***** 1, and] when the period of a billow is long with this equipment. In the 4th example shown in Fig. 10, W_n is changeable by pouring in or discharging water with a pump in a ballast tank 8. Since the floating body weight M increases, and a waterline goes up, when water is poured in into the ballast tank and equivalence spring constant K decreases

$$W_n = \sqrt{K / M}$$

** -- it becomes small. When draining water from a ballast tank, W_n becomes large conversely. Thus, since the fundamental circular frequency of a floating body can be adjusted according to the period of the billow to generate, efficient energy conversion becomes possible over the range where the period of a billow is large.

[Effect of the Invention]

Since a part for moving part is contained inside the floating body, the corrosion by seawater does not occur, but the billow energy conversion equipment by this invention is easy to perform maintenance, and its life of equipment is also long. Moreover, since energy is taken out as smooth rotation of an one direction, its mechanical efficiency is high. Furthermore, since vibration of a floating body and vertical movement of a billow are maintained at the condition near resonance using vertical movement of a floating body, the amount of energy transfers from a billow to a floating body can become large, and equipment can be worked by the energy conversion efficiency high as a whole over the large periodic range of a billow.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

The drawing in which the dynamics model of equipment according [Fig. 1] to this invention is shown, the drawing which the 2nd drawing 2 Fig. shows this experimental device, The graph which shows a count result and an experimental result according [Figs. 3 and 4] to the above-mentioned dynamics model and an experimental device, The graph with which Fig. 5 shows the energy distribution and the frequency of occurrence of a billow, a cross-sectional view [in / in Fig. 6 / the 1st example of this invention], and Fig. 7 are sectional views showing [this drawing of longitudinal section and / 8 or 10] the 2nd thru/or the 4th example of this invention.

1 [-- A generator, 5 / -- A sea surface, 6 / -- A shaft, 7 / -- A cable, 8 / -- Ballast tank.] -- A floating body, 2 -- Eccentric body of revolution, 3 -- A speed-increasing gear, 4

[Translation done.]

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: _____**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.